

2001 P 06525

B5



①⑨ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 197 49 056 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**G 05 B 11/36**  
G 05 B 13/02

②① Aktenzeichen: 197 49 056.5  
②② Anmeldetag: 6. 11. 97  
④③ Offenlegungstag: 27. 5. 99

DE 197 49 056 A 1

⑦① Anmelder:  
ZF Friedrichshafen AG, 88046 Friedrichshafen, DE

⑦② Erfinder:  
Danz, Wolfgang, 88046 Friedrichshafen, DE;  
Fischer, Johannes, 88045 Friedrichshafen, DE

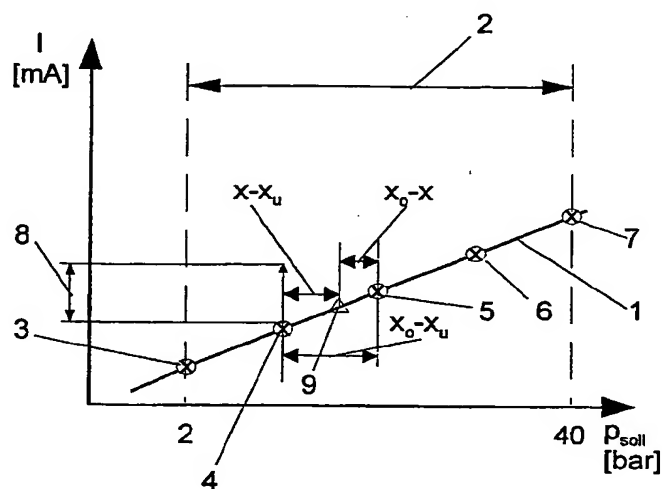
⑤⑤ Entgegenhaltungen:  
DE 37 31 983 A1  
US 56 25 551

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Steuerverfahren mit einer durch Stützpunkte definierten Kennlinie

⑤⑦ Die Erfindung geht von einem Steuerverfahren mit einer durch Stützstellen (3, 4, 5, 6, 7) definierten Kennlinie (1) aus, die in einer elektronischen Recheneinheit abgelegt ist. Um Prozesse, denen starke, zeitvariante Störungen überlagert sind, stabil und mit ausreichender Genauigkeit zu steuern, wird vorgeschlagen, daß eine Kennlinie (1) vorgegeben wird, die in Abhängigkeit einer Regelabweichung und einem Verhältnis der Differenz zwischen einem Meßpunkt (9) und einer benachbarten Stützstelle (4, 5) und der Differenz zwischen den zwei zum Meßpunkt (9) benachbarten Stützstellen (4, 5) adaptiert wird.



DE 197 49 056 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Steuerverfahren mit einer durch Stützpunkte definierten Kennlinie nach dem Oberbegriff von Anspruch 1.

Prozesse, denen starke zeitvariante Störungen überlagert sind, können allgemein nur unzureichend durch einen linearen Regleransatz geführt werden. Um die geforderte Regelgüte zu erreichen, sind in der Regel entsprechende, nicht lineare Regelkreisstrukturen anzusetzen und ein Modell für die Störgrößen einzubeziehen. Sie führen häufig zu instabilen Situationen. In der Praxis ist das Störgrößenmodell meist unbekannt und eine Ermittlung ist nur unter erheblichem Aufwand, häufig aber auch gar nicht möglich.

In solchen Fällen greift man auf eine gesteuerte Vorgabe der Stellgröße auf der Basis eines stationären, empirischen Prozeßmodells mit einer Kennlinie oder einem Kennfeld zurück, ohne zunächst die Störgrößen zu berücksichtigen. Das resultierende Führungsverhalten ist für den ungestörten Betriebsfall stationär genau und im dynamischen Übergang sehr schnell und trotzdem stabil. Im Falle, daß Störungen auftreten, entstehen stationär unvorhersehbar große oder weniger große Abweichungen zwischen der Regel- und Führungsgröße. Es ist daher in jedem Fall abzusichern, daß keine kritischen Betriebszustände auftreten, z. B. indem die Stellgrößen beschränkt werden. Allerdings kann in diesem Fall der allgemeinen Forderung bezüglich stationärer Genauigkeit nicht mehr im ausreichendem Maße nachgekommen werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Prozesse, denen starke, zeitvariante Störungen überlagert sind, stabil und mit ausreichender Genauigkeit zu steuern. Sie wird erfindungsgemäß durch ein Steuerverfahren nach dem Anspruch 1 gelöst.

Nach der Erfindung wird ein Steuerverfahren mit einer durch Stützstellen definierten Kennlinie gewählt. Die Stützstellen können durch Versuche gewonnene Erfahrungswerte sein, sie können aber auch beliebig vorgegeben werden, da sie im Betrieb adaptiert werden, und zwar in Abhängigkeit der Regelabweichung einer Stellgröße und einem Verhältnis der Differenz zwischen einem Meßpunkt und einer Stützstelle und der Differenz zweier zur Meßstelle benachbarter Stützstellen.

Zweckmäßigerweise werden die zur Adaption benötigten Korrekturwerte für die benachbarten Stützstellen aus folgenden Beziehungen ermittelt

$$K_u = R_{abw.} \cdot [1 - (x - x_u)/(x_o - x_u)]$$

und

$$K_o = R_{abw.} \cdot [1 - (x_o - x)/(x_o - x_u)],$$

wobei  $K_o$ ,  $K_u$  die Korrekturwerte für die untere bzw. die obere Stützstelle,  $x$  ein aktueller gemessener Betriebspunkt auf der Kennlinie und  $x_o$ ,  $x_u$  Werte einer nächstliegenden höheren bzw. niedrigeren Stützstelle bezogen auf den Meßwert sind. Die neue adaptierte Kennlinie ergibt sich aus den ursprünglichen Stützstellen plus den zugehörigen Korrekturwerten.

Um die Stabilität des Verfahrens zu erhöhen und die Recheneinheit wenig zu belasten, ist es zweckmäßig, die Adaption mit einer Abtastzeit größer 20 Millisekunden durchzuführen. Gegebenenfalls muß die Abtastzeit an die dominante Prozeßzeitkonstante angepaßt werden. Ferner ist es vorteilhaft, den Adaptionbereich der Kennlinie auf einen Bereich der Kennlinie zu begrenzen, in dem ein zugehöriger Sensor linear arbeitet. Dies ist bei einer Steuerung einfacher

als bei einer Regelung.

Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung werden die neuen Stützstellenwerte in Schritten vorgegeben. Dadurch werden zu große Sprünge während des Betriebs vermieden und die Ausgangsgröße der Steuerung verläuft weniger hektisch.

Aus dem Korrekturwert lassen sich Rückschlüsse auf das Betriebsverhalten schließen. Somit können die Korrekturwerte zu Diagnosezwecke verwendet werden, wenn sie z. B. vorgegebene Grenzwerte überschreiten. Andererseits können definierte Sollwerte vorgegeben werden, um die Reaktion des Systems zu überprüfen.

Das erfindungsgemäße Steuerverfahren eignet sich besonders zur Drucksteuerung eines Automatgetriebes, insbesondere eines mit kontinuierlich variabler Übersetzung. Hierbei ist die hydraulische Einstellung der Haftreibungskraft zwischen zwei Reibelementen, z. B. einem Umschichtungsband und Kegelscheiben, von zahlreichen zeitvarianten Störungen überlagert. Dynamisch sowie stationär muß über die Anpressung der Kegelscheiben sichergestellt werden, daß das Band, z. B. ein Schubgliederband, auf keinen Fall über den Kegelscheiben durchrutscht. Die Kegelscheiben und vor allem das Band würden dadurch zerstört. Die Anpreßkraft, die durch einen hydraulischen Druck erzeugt wird, beeinflußt zudem maßgeblich den Wirkungsgrad des Getriebes und damit direkt den Kraftstoffverbrauch des angetriebenen Kraftfahrzeugs. Bei der Steuerung des Anpreßdrucks liegt daher ein verstärkter Schwerpunkt darauf, daß die stationäre Genauigkeit eingehalten wird. Das erfindungsgemäße Steuerverfahren erfüllt die Forderungen sowohl in bezug auf die Stabilität der Steuerung als auch in bezug auf die Genauigkeit.

Wenn der Korrekturwert Anlaß gibt, auf einen Fehler im System zu schließen, z. B. wenn er einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet, ist es zweckmäßig, eine Ersatzfunktion des Getriebes zu aktivieren, z. B. ein Notlaufprogramm. Ferner ist es vorteilhaft, die Daten beim Abschalten der Stromversorgung, z. B. wenn die Zündung einer Brennkraftmaschine ausgeschaltet wird oder die Stromversorgung ausfällt, in einem Speicherbaustein (z. B. EEPROM, FLASH) abzulegen, damit sie beim Neustart wieder zur Verfügung stehen. Wird beim Neustart die zuletzt adaptierte Kennlinie benutzt, erreicht man eine Langzeitanpassung der Kennlinie während der Lebensdauer.

Das erfindungsgemäße Steuerverfahren kann nicht nur mit Kennlinien angewendet werden, sondern in gleicher Weise mit n-dimensionalen Kennfeldern. Hierbei werden die Korrekturwerte der Stützstellen für jede Dimension einzeln ermittelt.

Weitere Vorteile ergeben sich aus der folgenden Zeichnungsbeschreibung. In der Zeichnung sind Diagramme mit beispielhaften Kennlinien zur Erläuterung der Erfindung dargestellt. Die Beschreibung und die Ansprüche enthalten zahlreiche Merkmale in Kombination. Der Fachmann wird die Merkmale zweckmäßigerweise auch einzeln betrachten und zu sinnvollen weiteren Kombinationen zusammenfassen.

Es zeigen:

Fig. 1 ein Diagramm, in dem über einem Solldruck die zugehörige Stromstärke eines Magnetventils aufgetragen ist und

Fig. 2 ein gleiches Diagramm mit einer adaptierten Kennlinie.

In dem Diagramm nach Fig. 1 ist eine Kennlinie 1 eingezeichnet, die durch Stützstellen 3-7 definiert ist. Sie stellt die Beziehung eines Solldrucks gemessen in bar zu einer Stromstärke eines Magnetventils gemessen in mA dar, wie sie bei Automatgetrieben mit kontinuierlich variabler Über-

setzung für Kraftfahrzeuge anwendbar ist. Die Stützstellen 3-7 können Erfahrungswerten (Meßwerten) entsprechen oder zunächst beliebig angenommen werden. Sie werden in einer elektronischen Recheneinheit abgelegt. Ein ausgewählter Adaptionsbereich 2 umfaßt die Druckwerte 2 bar bis 40 bar, der mit dem Arbeitsbereich eines Drucksensors identisch ist.

Aus einem gemessenen Druckwert  $p_{ist}$  wird die Regelabweichung  $p_{abw.} = (p_{soll} - p_{ist})$  ermittelt. Aus der Lage der Meßstelle 9 auf der Kennlinie 1 relativ zu den benachbarten Stützstellen 4 und 5 werden Korrekturwerte 8 ermittelt und den benachbarten Stützstellen 4 bzw. 5 entsprechend den berechneten Korrekturwerten 8 adaptiert.

Aus den adaptierten Stützstellen ergibt sich eine adaptierte Kennlinie 10 (Fig. 2) mit adaptierten Stützstellen 11, 12, 13, 14, die der weiteren Steuerung zugrunde liegen und den Bezugspunkt für die nächste Adaption bilden.

Die zuletzt adaptierte Kennlinie wird bei Beendigung des Betriebs des Kraftfahrzeugs gespeichert und beim Neustart als Ausgangskennlinie verwendet.

#### Bezugszeichenliste

1 Kennlinie	
2 Adaptionsbereich	25
3 Stützstelle	
4 Stützstelle	
5 Stützstelle	
6 Stützstelle	
7 Stützstelle	30
8 Korrekturwert	
9 Meßpunkt	
10 adaptierte Kennlinie	
11 adaptierte Stützstelle	
12 adaptierte Stützstelle	35
13 adaptierte Stützstelle	
14 adaptierte Stützstelle	

#### Patentansprüche

1. Steuerverfahren mit einer durch Stützstellen (3, 4, 5, 6, 7) definierten Kennlinie (1), die in einer elektronischen Recheneinheit abgelegt ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Kennlinie (1) vorgegeben wird, die in Abhängigkeit einer Regelabweichung und einem Verhältnis der Differenz zwischen einem Meßpunkt (9) und einer benachbarten Stützstelle (4, 5) und der Differenz zwischen den zwei zum Meßpunkt (9) benachbarten Stützstellen (4, 5) adaptiert wird.

2. Steuerverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sich ein Korrekturwert für die benachbarten Stützstellen (4, 5) aus folgenden Beziehungen ergibt:

$$K_u = R_{abw.} \cdot [1 - (x - x_u)/(x_o - x_u)]$$

und

$$K_o = R_{abw.} \cdot [1 - (x_o - x)/(x_o - x_u)]$$

wobei  $K_o$ ,  $K_u$  die Korrekturwerte (8) für die untere bzw. die obere Stützstelle (4, 5),  $x$  ein aktueller gemessener Betriebspunkt (19) auf der Kennlinie (1) und  $x_o$ ,  $x_u$  Werte einer nächstliegenden höheren bzw. niedrigeren Stützstelle (4, 5) bezogen auf den Meßpunkt (9) sind.

3. Steuerverfahren nach Anspruch 1 nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

daß die Adaption mit einer Abtastrate größer 20 Millisekunden erfolgt.

4. Steuerverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Adaptionsbereich (2) der Kennlinie (1) auf einen Bereich der Kennlinie (1) begrenzt ist, der dem Arbeitsbereich eines zugehörigen Meßsensors entspricht.

5. Steuerverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der neue Stützstellenwert (11, 12, 13, 14) in Schritten vorgegeben wird.

6. Steuerverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Korrekturwert (8) zu Diagnosezwecken verwendet wird, wenn er einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet.

7. Steuerverfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß definierte Sollwerte vorgeben werden, um die Reaktion des Systems zu überprüfen.

8. Steuerverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß es zur Drucksteuerung eines Automatgetriebes, insbesondere eines mit kontinuierlich variabler Übersetzung verwendet wird.

9. Steuerverfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß eine Ersatzfunktion aktiviert wird, wenn der Korrekturwert (8) einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet.

10. Steuerverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die zuletzt adaptierte Kennlinie (10) beim Beenden des Steuerverfahrens gespeichert und beim Neustart als Initialisierungswert verwendet wird.

11. Steuerverfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Daten beim Abschalten der Stromversorgung in einem Speicherbaustein (EEPROM, FLASH) abgelegt werden.

12. Steuerverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß anstelle eine Kennlinie (1, 10) n-dimensionale Kennfelder verwendet und die Korrekturwerte (8) für jede Dimension ermittelt werden.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

